

PCT National Publication Gazette

National Patent Publication No. 2000-507015
Date of National Publication: June 6, 2000
International Class(es): G 06 F 9/45

(37 pages in all)

Title of the Invention: Real Time Program Language Accelerator

Patent Appln. No. 10-517009
Filing Date: November 13, 1997
Date of Filing Translation: May 12, 1999
International Filing No. PCT/US97/20980
International Publication No. WO98/21655
International Publication Date: May 22, 1998
Priority Claimed:
Country: U.S.A.
Filing Date: November 13, 1996
Serial No. 60/030,688
Inventor(s): RAZ, Yair
Applicant(s): PARAN, Arik
(transliterated, therefore the spelling might be incorrect)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

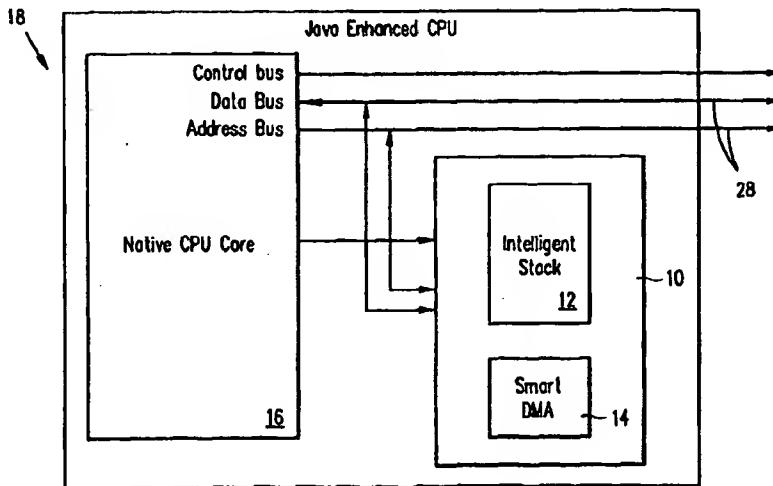
WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

| | | |
|---|----|--|
| (51) International Patent Classification ⁶ : | A1 | (11) International Publication Number: WO 98/21655 |
| G06F 11/00 | | (43) International Publication Date: 22 May 1998 (22.05.98) |
| (21) International Application Number: PCT/US97/20980 | | (81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). |
| (22) International Filing Date: 13 November 1997 (13.11.97) | | |
| (30) Priority Data: 60/030,688 13 November 1996 (13.11.96) US | | |
| (71) Applicant (for all designated States except US): PARAN, Arik [US/US]; 866 Helena Drive, Sunnyvale, CA 94087 (US). | | |
| (71)(72) Applicant and Inventor: RAZ, Yair [IL/US]; 1575 Lewis-ton Drive, Sunnyvale, CA 94087 (US). | | |
| (74) Agents: HAMRICK, Claude, A., S. et al.; Oppenheimer Wolff & Donnelly LLP, Suite 600, Ten Almaden Boulevard, San Jose, CA 95113 (US). | | |

(54) Title: REAL TIME PROGRAM LANGUAGE ACCELERATOR



(57) Abstract

A program language accelerator core (10) operating in conjunction with a program language accelerator software (34) in a computer (20) for optimizing the operation of Java™ program code in a native CPU (16) processor. An intelligent stack (12) has a plurality of memory areas (52, 54, 56 and 58) in a memory map (50) mapped such that particular operations are performed depending upon which of the memory areas (52, 54, 56 or 58) the native CPU (16) addresses. When the program language accelerator software (34) translates the Java™ code into the native code of the native CPU (16), optimization is provided by directing read and write operations to the appropriate area in the memory map (50) such that it is not necessary to include a separate instruction regarding how the data being written is to be handled.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(1)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2000-507015
(P2000-507015A)

(43) 公表日 平成12年6月6日 (2000.6.6)

(51) Int.Cl.
G 06 F 9/45

識別記号

F I
G 06 F 9/44

322 F

テマコード (参考)

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願平10-517009
 (86) (22) 出願日 平成9年11月13日 (1997.11.13)
 (85) 翻訳文提出日 平成11年5月12日 (1999.5.12)
 (86) 國際出願番号 PCT/US97/20980
 (87) 國際公開番号 WO98/21655
 (87) 國際公開日 平成10年5月22日 (1998.5.22)
 (31) 優先権主張番号 60/030,688
 (32) 優先日 平成8年11月13日 (1996.11.13)
 (33) 優先権主張国 米国 (U.S.)

(71) 出願人 ラツ, ヤイール
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087,
 サニーベイル, ルイストン ドライブ
 1575
 (71) 出願人 パラン, アリック
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087,
 サニーベイル, ヘレナ ドライブ 866
 (72) 発明者 ラツ, ヤイール
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087,
 サニーベイル, ルイストン ドライブ
 1575
 (74) 代理人 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リアルタイムプログラム言語アクセラレータ

(57) 【要約】

プログラム言語アクセラレータコア (10) は、固有CPU (16) プロセッサでJavaTM プログラムコードの動作を最適化するために、コンピュータ (20) においてプログラム言語アクセラレータソフトウェア (34) との組み合わせで動作する。インテリジェントスタック (12) は、マッピングされるメモリマップ (50) において複数のメモリ領域 (52, 54, 56 および 58) を有することによって、固有CPU (16) がどちらのメモリ領域 (52, 54, 56 および 58) をアドレスするかに依存して特定の動作が実行される。プログラム言語アクセラレータソフトウェア (34) がJavaTM コードを固有CPU (16) の固有コードに翻訳する際、書き込まれたデータがどのように処理されるかに関連する個別の命令を含む必要がないメモリマップ (50) の適切な領域に読み出しおよび書き込み動作を向ける事によって最適化が提供される。

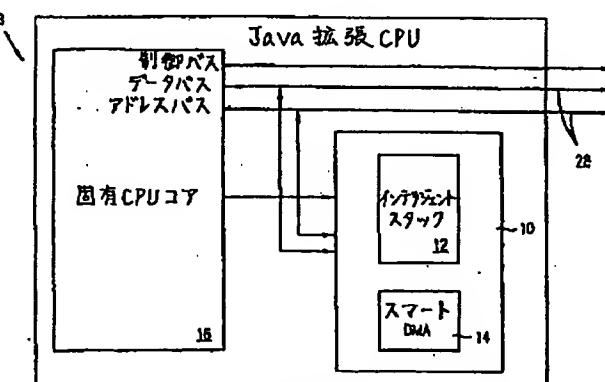


FIG. 1

(2)

【特許請求の範囲】

1. スタック指向の解釈上の言語命令の高速化処理を提供するコンピュータシステムであって、

固有言語命令を実行する固有処理装置と、

該解釈上の言語命令を該固有言語命令に翻訳し、該固有言語命令のうちの選択された命令であって関連するアドレス値を発生するトランスレータであって、各該選択された命令および該対応するアドレス値の各々が対応するコア動作に関連するトランスレータと、

該処理装置と通信するために結合された処理アクセラレータコアであって、

該アドレス値の対応するものによって示される複数のメモリアドレスロケーションを有するスタックキャッシュメモリであって、データを格納するための該ロケーションが該コア動作の対応するものと関連する、スタックキャッシュメモリと、

該アドレス値（および該固有処理装置によって提供される読み出し／書き込み制御信号）に反応し、該キャッシュメモリ装置を往復する該選択された固有言語命令と関連する該データの書き込みおよび読み出しを制御するように作用するコア制御論理と、

該キャッシュメモリ装置の該アドレスロケーションの対応するものからの該データを受け取り、該データを用いてコア動作を実行するために作用する演算論理回路であって、該コア動作の各々が該対応するアドレスロケーションによって特定化される、演算論理ユニットと、を含む処理アクセラレータコアと、

を含む、コンピュータシステム。

2. 前記トランスレータが前記固有処理装置によって実行される翻訳命令によって実現される、請求項1に記載のコンピュータシステム。

3. 前記コア制御論理が

スタック方法論に従って前記キャッシュメモリ装置を往復する該データの前記

書き込みおよび呼び出しを制御するスタックコントローラと、

前記対応するコア動作を決定する目的で前記アドレス値の各々を復号化するデ

コーダと、

を含む、請求項1に記載のコンピュータシステム。

4. 主要メモリユニットを更に含み、前記コア制御論理が、前記キャッシュメモリ装置がスタックオーバーフロー状態に近づいた時に該主要メモリユニットに該キャッシュメモリ装置からデータをシフトするように作用し、該キャッシュメモリ装置がスタックアンダーフロー状態に近づいた時に、該主要メモリユニットから該キャッシュメモリ装置にデータをロードするように作用するダイレクトメモリアクセスコントローラを更に含む、請求項1に記載のコンピュータシステム。

5. 前記ダイレクトメモリアクセスコントローラが、

Variable Load Missの現象において前記主要メモリユニットから前記キャッシュメモリ装置にローカル変数をロードし、

Variable Store missの現象においてローカル変数を主要メモリユニットに格納し、

コンテキスト切換動作について準備するために該キャッシュメモリ装置から該主要メモリユニットにデータを転送し、

必要に応じて、該キャッシュメモリ装置に入出力するデータを移動することによって高速化スレッドコンテキスト切換を実行する、

ように更に作用する、請求項4に記載のコンピュータシステム。

6. 前記アドレス値の各々が、

前記キャッシュメモリ装置の複数のメモリスペース領域から選択する複数の選択領域ピットであって、該領域の各々が前記アドレスロケーションの特定のセットを含む複数の選択領域ピットと、

該領域の各々の該アドレスロケーションの各々の特定のものを選択し、実行する前記動作を決定する、複数の選択ピットと、

を含む、請求項1に記載のコンピュータシステム。

7. 前記解釈上の言語がJava™である、請求項1に記載のコンピュータシステム

。

8. 前記コア動作が算術演算を含む、請求項1に記載のコンピュータシステム。

9. 前記コア動作がブール(Boolean)論理動作を含む、請求項1に記載のコンピュータシステム。

10. スタック指向の解釈上の言語命令の高速化処理を提供する方法であって、固有言語命令を実行する固有処理装置と、該処理装置と通信するために結合される処理アクセラレータコアと、該コアが、複数のメモリアドレスロケーションと、前記キャッシュメモリ装置を往復するデータの書き込みおよび読み出しを制御するように作用する制御論理と、該キャッシュ装置の該アドレスロケーションの対応するものからデータを受け取る演算論理回路とを有し、該データを用いてコア動作を実行するように作用するスタックキャッシュメモリ装置を含む、処理アクセラレータコアと、を含むコンピュータシステムにおいて、

解釈上の言語命令を受け取る工程と、

該解釈上の言語命令を該固有言語命令に翻訳する工程と、

該固有言語命令の選択されたものと関連するアドレス値を発生する工程であつて、該選択された命令の各々および該対応するアドレス値が対応するコア動作に関連する工程と、

該キャッシュメモリ装置のロケーションを往復するデータを書き込みおよび読み出しする工程であつて、該ロケーションが該アドレス値の対応するもので示され、該データが該コア動作の対応するものと関連する工程と、

該キャッシュ装置の該アドレスロケーションの対応するものから該演算論理回路に該データを提供し、該データを用いて該コア動作を実行するために該演算論理回路を用いる工程であつて、該コア動作の各々が該対応するアドレスロケーションによって特定される工程と、

を含む方法。

11. 前記翻訳する工程が、前記固有処理装置を用いる実行命令を含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

12. 前記コア論理が、

スタック方法論に従つて前記キャッシュメモリ装置を往復するデータの前記書き込みおよび読み出しを制御するスタックコントローラと、

前記対応するコア動作を決定する目的で前記アドレス値の各々を復号化するデータと、

を含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

13. 前記キャッシュメモリ装置がスタックオーバフロー状態に近づいた時に該キャッシュメモリ装置から前記コンピュータシステムの主要メモリユニットにデータをシフトする工程と、

該キャッシュメモリ装置がスタックアンダーフロー状態に近づいた時に該主要メモリユニットから該キャッシュメモリ装置にデータをロードする工程と、
を含むダイレクトメモリアクセス制御工程を更に含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

14. Variable Load Missの現象において前記主要メモリユニットから前記キャッシュメモリ装置にローカル変数をロードする工程と、

Variable Store missの現象においてローカル変数を該主要メモリユニットに格納する工程と、

コンテクスト切換動作について準備するために該キャッシュメモリ装置から該主要メモリユニットにデータを転送する工程と、

必要に応じて、該キャッシュメモリ装置を出入りするデータを移動することによって高速化スレッドコンテクスト切換を実行する工程と、

を含む、ダイレクトメモリアクセス制御工程を更に含む、請求項13に記載のコンピュータシステム。

15. 前記アドレス値の各々が、

前記キャッシュメモリ装置の複数のメモリベース領域から選択する複数の選択領域ビットであって、該領域の各々が前記アドレスロケーションの特定のセットを含む複数の選択領域ビットと、

該領域の各々の該アドレスロケーションの各々の特定のものを選択し、実行される前記コア動作を決定する複数の選択ビットと、

を含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

16. 前記解釈上の言語がJava™である、請求項10に記載のコンピュータシス

テム。

17. 前記コア動作が算術演算を含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

18. 前記コア動作がブール論理動作を含む、請求項10に記載のコンピュータシステム。

【発明の詳細な説明】**リアルタイムプログラム言語アクセラレータ****技術分野**

本発明は、コンピュータ処理の分野に関し、より詳細には、独自のハードウェアおよびソフトウェアの組合せを用いるコンピュータコードのリアルタイム解釈および動作に関する。本発明のリアルタイムプログラム言語アクセラレータの主な現在の使用は、Java™コードにおいての実行であり、多様な異なるプロセッサ上でこのようなコードを高い実行速度で実行できることが望ましい。

技術背景

当該技術において、より高いレベルのコンピュータ言語をほぼリアルタイムで機械読取可能コードに変換するインタープリタを提供することが公知である。しかし、このようなインターパリタは、プログラムのローディングおよび実行中の少なくともいくつかの点で実行されるプログラムの動作を遅らせる必要がある。特に、Java™プログラム言語に関しては、「Java™ Virtual Machine」を含むJava™プログラムを実行するいくつかの利用可能な解決策は、それらのタスクを達成するために実行が必要なソフトウェアベースのプログラムである。

任意の利用可能なタイプのプロセッサ上でJava™コードを実行する方法および／または手段を有することが有益である。また、それが実行するより実際に速く実行するまたは少なくともJava™コードを解釈および実行するプロセス全体を減速しない、Java™コードを処理するいくつかの方法および／または手段を有することが有益である。しかし、本発明者の知る限りでは、従来技術においてこのような目的を達成するシステムは存在しない。確かに、「Java™ Virtual machine」などのソフトウェア解決策は、コードの動作を最適化するように試みるが、限界がコードが実行される特定のプロセッサおよびシステムの特徴であった。

発明の開示

よって、本発明の目的は、事実上いかなるタイプのプロセッサにおいても非固有プログラム言語を容易に実行する方法および手段を提供する事である。
本発明の別の目的は、Java™プログラムコードの動作を高速化する方法および

手段を提供することである。

本発明のさらに別の目的は、ハードウェア上で容易に実現される、Java™コードを翻訳および実行する方法および手段を提供することである。

本発明の別の目的は、コンピュータシステムが非Java™コードを実行する能力を低減しない、Java™コードを翻訳および実行する方法および手段を提供することである。

简单に、本発明の好適な実施形態は、CPUチップの一部として個別のチップ上、または個別のボード上でさえ実施され得る集積回路「プログラム言語アクセラレータコア」である。プログラム言語アクセラレータコアは、ハードウェアス택クメモリの専用であり、Java™コードの実行のために存在またはエミュレーションされる必要のあるス택クメモリを直接提供する。ダイレクトメモリアクセス（「DMA」）コントローラも提供され、オーバーフローおよびアンダーフロー条件（または他の特異的な条件）が生じる際にス택クメモリに対してデータをシフトする。本発明のソフトウェア部分は、Java™コードを機械の固有言語コードに翻訳し、また、特定の機能を実行するように前もって決められたメモリアドレスを書き込むなど、必要に応じて本発明に独自の機能を実行するためにコードを最適化する。この方法において、それ以外ではいくつかのクロックサイクルを要し得る動作は、单一の（または少なくともより少ない）クロックサイクルで実行され得る。

本発明の利点は、Java™コードを実行する速度が非常に増加する事である。

本発明の更なる利点は、Java™コードが、本質的に任意のタイプのプロセッサ上で容易に実行され得ることである。

本発明の更に別の利点は、安価なコンピュータであってもJava™コードの実行のために最適化され得るように、本発明が容易および安価に実現され得ることである。

本発明の更に別の利点は、今後入手可能になり得るような新しいタイプのプロ

セッサに適応することが困難または高価ではないことである。

本発明のこれらの、および他の利点は、本発明を実行するのに現在知られてい

る最良の方法、および本明細書中に記載およびいくつかの図面に示される好適な実施形態の産業的利用性を考慮して当業者に明らかになる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明によるプログラム言語アクセラレータコアを上に有する集積回路のブロック図である。

図2は、本発明により向上されたCPUがコンピュータシステムにどのように統合されるかの例を示すブロック図である。

図3は、図1のインテリジェントスタックのより詳細なブロック図である。

図4は、図1および図3に示されるインテリジェントスタックのメモリマップである。

図5は、本発明のプロセスの1つの局面のフローチャートである。

図6は、本発明による値プッシュ動作のフローチャートである。

図7は、本発明による値ポップ動作のフローチャートである。

図8は、本発明による定数プッシュ動作のフローチャートである。

図9は、本発明による算術演算のフローチャートである。

図10は、本発明によるローカル変数ロード動作のフローチャートである。

図11は、本発明によるローカル変数格納動作のフローチャートである。

本発明を実行する最良の方法

本発明を実行するために現在知られている最良の方法は、リアルタイムアクセラレータコアである。本発明のリアルタイムアクセラレータコアを図1にブロック図として示し、その中で全体的な参照符号10で示す。

リアルタイムアクセラレータコア10は、インテリジェントスタック12およびスマートDMAコントローラ14を有する。リアルタイムアクセラレータコア10は、固有CPUが追加のソフトウェアベースの翻訳または解釈なしにJava™

プログラムを（標準Java™インターブリタまたはJITコンパイラと比較し

て）より速い実行モードで実行し得るように標的固有CPU16によってJava™オブジェクトコードのリアルタイム解釈および実行することを可能にする。図1の例において、プログラム言語アクセラレータコア10およびCPUは単一のC

PUチップ18上で実施されているが、本明細書中で上述したようにこれは本発明の必要な局面ではないことに留意されたい。

○ 図2は、内部にプログラム言語アクセラレータ10を有するCPUチップ18で動作するように構成された典型的なコンピュータの図表の例である。コンピュータチップ内のCPUチップ18の接続は、同種の従来のコンピュータ（図示せず）と大差はない。データバス22、アドレスバス24および制御バス26は、適切なデータ経路28にそれぞれ設けられ、CPUチップ18、(RAM)メモリ30、およびI/Oセクション32と通信する。

データバス22は、固有CPUデータバスである。データバス22の幅は、固有CPU16の自然データバス幅（8、16、または32ビット）であるべきである。プログラム言語アクセラレータコア10におけるインターフェース論理は、タスクに関する任意のデータ幅を処理する。アドレスバス24は、固有CPUアドレスバスである。アドレスバス28の幅は、固有CPU16の自然アドレスバス幅であるべきである。制御バス26は、クロック、リセット、読み取り、書き込み、割り込みライン、バス要求など、いかなるCPUでも見出され得るいくつかの制御信号、を輸送する。

○ 図2の例は、本発明のプログラム言語アクセラレータコア10が用いられるコンテキストを示すためのみに提供されており、本発明の局面を開示するよう意図されない。動作中、メモリ30は、固有CPU16（図1）のための要求された初期化ソフトウェア、（用いられる場合は）オペレーティングシステム、I/O装置ドライバ、または制御コード、ならびにいかに更なる詳細で議論される機能を有するプログラム言語アクセラレータソフトウェア34を含む。更に、メモリ30は必要とされる任意のコンパイルされたJavaTMコード（例えば、特殊カスタムクラスライブラリ）を含み得る。

エンドユーザアプリケーションに依存して、本発明のプログラム言語アクセラレータコア10およびプログラム言語アクセラレータソフトウェア34を装備し

ているコンピュータ20は、不揮発性メモリに既に存在する任意のJavaTMコードを実行し得るか、またはそれを適用可能なI/O装置（通信ポート、ディスクなど）

ど)を介してロードし得る。

プログラム言語アクセラレータコア10は、Java™ Virtual Machineがスタッ ⑥

クベースの機械ディレクションであり、(図1の固有CPUコア16等の)現

代のCPU上のスタック動作のほとんどが1クロックサイクル以上かかって完了

する事実を利用する。インテリジェントスタック12は、本質的にJava™ Virtu

al Machineスタックのための大きな仮想キャッシュである。DMAコントローラ

14 (図1)は、以下に詳細に議論されるように実際のキャッシュの制限された
サイズによってスタックオーバーフローまたはアンダーフローが生じる場合にキ
ャッシュを一貫して保つ。

図3は、図1に関連して本明細書中に前述されたインテリジェントスタック1

2のより詳細なブロック図である。図3を見ると、インテリジェントスタック1

2が簡単な内部演算論理回路(「ALU」)を有することが分かる。この回路は

、Java™ Virtual Machineの実現において当業者によく知られたiaddまたはiinc

などのスタックの上部(tops)をアップデートする動作と共にJava™ Virtual Mac

hineの仕様書によって規定されるような定数のプッシュを可能にする。キャッシュ

38は、インテリジェントスタック内の実際のキャッシュメモリである。スタ

ックコントローラ40は、従来のスタック制御装置において見出されるようなス

タックポインタ42およびスタックポインタネクスト44を有する。従来のデコ

ーダ46がアドレスおよび命令を復号化するために提供され、出力MUX48が

動作に適切なインテリジェントスタック12内のソースから出力を提供する。

インテリジェントスタック12は、スタックとして用いられるように構成され

た64×32ビットレジスタファイルである。インテリジェントスタック12は

、固有CPU16メモリアドレススペースにマッピングされたメモリであり、固

有CPU16の速いスタック動作(プッシュ、ポップ)および、レジスタの任意

の1つへのランダムアクセスを可能にする。インテリジェントスタック12は、

自動的なスタックオーバーフロー/アンダーフロー検出のための回路を提供する

。スマートDMAコントローラ14は、異なるタスクの間をシフトする必要があ

る

時などにメモリ30に対してまたはメモリ30からインテリジェントスタック1

2の全体のコンテンツを読み出したり書き込んだりするように構成されている。

スマートDMAコントローラ14は、また、インテリジェントスタック12からメモリ30への任意の過剰なデータを一時的に格納することによって潜在的なスタックオーバーフローまたはアンダーフローを訂正する。スマートDMAは、スタックがオーバーフローに近づいた際(プッシュ動作の際)にメインメモリ30にワードブロックをダンプするか、または、スタックがアンダーフローに近づいた際(ポップ動作の際)にメインメモリからワードブロックをロードする。スマートDMAコントローラは、(変数ロードミスの際に)メインメモリ30からのローカル変数をロードするか、(変数格納ミスの際に)メインメモリ30にローカル変数を格納するか、コンテクスト切換のために調整されたメインメモリ30にキャッシュ38の全体をダンプするか、または、コンテクスト切換を実行するためにメモリ30からキャッシュ38の全体をロードする事ができる。また、スマートDMAは、必要に応じてキャッシュ38に対してデータを移動することによってスレッドコンテクスト切換を高速化するために任意に用いられ得る。

本発明のプログラム言語アクセラレータ10は、スマートDMAコントローラ14の追加によってプログラム言語アクセラレータ10の有用性および機能性を顕著に増加させるが、スマートDMAコントローラ14なしで動作させ得ることに留意されたい。

JavaTM動作がスタック機械アーキテクチャに基づくことから、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34はJavaTMコードから固有CPUコードへの非常に単純な翻訳のみを実行することを要求される。翻訳は、好ましくはJavaTMコードがロードされる際に、支持言語アクセラレータソフトウェア34を用いて行われる。本発明による最適化は、以下により詳細に議論されるように、特定のメモリアドレスに指示される特定の動作を提供する本発明の方法を含む方法による翻訳の間に提供される。固有CPU16は(インテリジェントスタック12によつて処理される)スタック管理に対処する必要がないので、JavaTMプログラムの非常に高速な実行が可能である。

本発明によれば、データはデータバス22から来て(従来のスタック動作と同

様に) スタックの上部に流れるか、または、スタックの最高部における値を含む
算術演算を有し、次いでスタックの上部の上に置換またはプッシュする。本発明
に独自であるのは、動作の全ては用いられるアドレスによって決定されるという
ことである。 インテリジェントスタック 12 は、キャッシュ 38 のアドレススペ
 ースの 4 倍を占有する。すなわち、インテリジェントスタック 12 における実際
 のメモリロケーションの全てを完全にアドレスするのに必要な数よりも 4 倍のア
 ドレスが CPU チップ 18 のメモリにマッピングされる。本発明の現在知られる
 最良の実施形態 10 のキャッシュのサイズは、64ワードであり、この実施形態
 においてインテリジェントキャッシュ 12 は 256 個のロケーションを占有する

○
 図 4 は、インテリジェントスタック 12 によって占有されたメモリアドレスの
 単純なメモリマップ 50 である。図 4 を見ると、メモリマップ 50 は、第 1 の領
 域 52、第 2 の領域 54、第 3 の領域 56、および第 4 の領域 58 を有すること
 が分かる。これらのうち、第 1 の領域 52 のみが物理キャッシュ 38 に直接関連
 する。メモリマップ 50 をアドレスするための完全なアドレス 60 は、領域 52
 、54、56、または 58 のうちどの領域がアドレスされるか選択するための 2
 つの選択領域ビット 62 および、それぞれの領域内の特殊データロケーションを
 アドレスするための 8 ビット選択バイト 64 を有する。4 つの領域 52 の各々は
 、その中にあるアドレスに対して読み出しちゃは書き込みをすることによって実
 行される異なる動作を可能にするため、プログラム言語アクセラレータ 10 の上
 部 2 つのアドレスビット（選択領域ビット 62）はどの領域 52、54、56、
 または 58 がアドレスされたかを決定し、装置の主要動作モードを決定する。○

下記の表 1 は、固有 CPU 16 がメモリマップ 50 の 4 つの領域 52、54、
 56 および 58 の各々をアドレスする際に実行される動作の全体的な説明を提供
 する。

表 1

| | |
|-------------------|----------------------------|
| 上位アドレスビット (62) | プログラム言語アクセラレータコア主 要動作領域 |
| 00 | ハードウェアスタック（キャッシュ） |

| | | |
|----|----|---|
| | | データに対する直接アクセス |
| 54 | 01 | 構成および制御レジスタに対するアクセス |
| 56 | 10 | 読み出し：スタックからの値をポップする。書き込み：（領域内のアドレスに依存して）スタックへの定数または値をプッシュする |
| 58 | 11 | 読み出し：定義されない書き込み。要求された動作結果とTOSを置換する。動作はTOSおよび書き込まれたデータ上で実行される。動作は領域内のアドレスに依存する |

簡単に、メモリマップ50の第1の領域52に書き込まれた値は、装置のベー

スアドレスにおいて固有CPU16によって直接書き込みまたは読み出され得る

。第2の領域54は、構成および制御レジスタに使用される。第3の領域56は

、プッシュおよびポップ動作のために用いられる。第4の領域58は、スタック

の上部で値を置換する算術演算に使用される。デコーダ46は、入来アドレス要

求を考察し、それにより動作を自動的に決定する。アドレスと動作との間の相関

関係は、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34による翻訳中に事前に

確立されている。データバスおよびタイミングは、アドレス、読み出しおよび書

き込み信号がクロック上で有効であり、読み出しデータが後に続くクロックによ

って予期される包括的な单一サイクルバスである。

(P) 図5は、本発明の方法によるコンピュータ20の一般的な動作を示すフローチ

ャート68である。コンピュータ20が再起動されるときはいつでも、固有CP

U16によって特定の初期化が行われる：ハードウェア装置の設定、（使用され

る場合は）オペレーティングシステムの初期化、任意の要求されたスタートアッ

ブプログラムの実行、等。これらのプログラムは、固有CPU16言語（例えば

、命令セット）に書き込まれ、固有CPU16によって直接実行される。これら

は、

9

Java™および／またはプログラム言語アクセラレータコア10と全く関係無しに行われる。また、内部レジスタ動作70の設定において、固有CPUは、プログラム言語アクセラレータコア10をアドレスするために取っておかれたメモリレジスタを含むメモリレジスタを初期化する。これはユーザがJava™ Execution Environmentを呼び出して起動するときの動作の初期段階である。Java™ Virtual Machineの初期化中に、Java™ Virtual Machineはプログラム言語アクセラレータコア10およびその支持ソフトウェア（プログラム言語アクセラレータソフトウェア34）の存在を検出し、それら両方を初期化する。この段階で行われる様々な初期化のうち、最も重要なもののいくつかは（本明細書中にメモリマップ50の第2の領域54を関連して説明された）プログラム言語アクセラレータコア10の様々な構成レジスタ設定である。

次いで、任意の必要な固有プログラムがコンピュータ20によって実行され得る。これは、プログラム言語アクセラレータコア10による任意の動作を必要とせずに固有CPU16によって直接行われる。（これらの動作は、図5のフローチャート68に図示されておらず、フローチャート68を正しいコンテクストに置くためだけにここで述べられる。）

（メモリ内に既に存在するか、またはディスクからロードされるあるいは通信ラインから受信される必要がある）Java™のクラスファイルが実行される必要があるとき、固有CPU16はJVMクラスローダおよびプログラム言語アクセラレータソフトウェア34を用いて要求されたファイルをロード、準備、翻訳の実行、および実行をし始める。このプロセスは、後に続くセクションで詳細に説明されるいくつかのステップから形成される。クラスファイルロード動作72において、Java™クラスファイルがロードされる。この部分は、「Java™ Virtual Machine Specification」に記載されるように標準Java™ Virtual Machineコードによって全部が実行される。連結および照合動作74において、連結、照合、準備および決定は、Java™ Virtual Machineリンクによって従来通り実行される。この部分も、標準Java™ Virtual Machineコードによって全部が実行される。

○ 翻訳動作76に続いて、固有CPU16がクラスファイルの実現コード（例え

は、クラスを実現するJava™ Virtual Machineバイトコード)を見つけ、固有の命令に翻訳し、メモリ30における実行領域にロードする。この部分は、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34によって全部が行われる。翻訳段階の目的は、(前の段階でロードされ、連結された) Java™バイトコードを固有CPUの命令ストリームに変換し、適切にプログラム言語アクセラレータコア10を動作することである。本明細書中に記載のように、特別のメモリロケーションから/に対して読み出しありまたは書き込むことは、プログラム言語アクセラレータコア10の動作の全てを呼び出すため、翻訳された固有コードは、プログラム言語アクセラレータコア10の様々なメモリ領域から/に対する読み出しありおよび書き込み命令を主に含む。バイトコードを固有コードに特異的に翻訳することは、プログラム言語アクセラレータコア10に付属する固有CPUに依存する。翻訳されたコードは、メモリ30に格納される。一旦クラスファイルが完全に翻訳されると、オリジナルバイトコードイメージが破棄され得、翻訳された固有コードのみが用いられる。

一旦ローディングプロセスが完了すると、固有CPU16は翻訳された固有コードのエントリポイントへの分岐(ジャンプ)を実行し、クラス初期化コードを実行し始める。これは、本開示を通して論じられるように、ハードウェアスタックおよび論理専用のプログラム言語アクセラレータコア10を利用する命令シーケンスを有する固有プログラムである。これは、図5のフローチャート68における実行固有コード動作78によって示される。

実行固有コード動作78内で生じる本発明の方法の動作の更なる詳細は、以下の追加のフローチャートに関連して論じられる。これらの動作およびそれらのフローチャートは以下の通りである：固有CPU16がインテリジェントスタック12のメモリマップ50の第2の領域54をアドレスする際に生じる動作に関連する値プッシュ動作80(図6)および値ポップ動作82(図7)。定数プッシュ動作84(図8)はまた、固有CPUがインテリジェントスタック12のメモリマップ50の第2の領域54の選択されたロケーションをアドレスする際に生じる動作に関連する。(Java™に精通している者は、等価の「定数ポップ」動作が必要ないことを認識するであろう。)

算術演算84フローチャート(図9)は、メモリマップ50の第3の領域54の選択された領域がアドレスされた際にプログラム言語アクセラレータコア10で生じる動作を説明する。ローカル変数ロード動作88(図10)およびローカル変数格納動作90(図11)は、これらのそれぞれの機能を説明し、スマートDMAコントローラ14の動作について更なる詳細を提供する。

本明細書の前に紹介されたメモリマップ50の4つの領域52、54、56、および58の異なる機能の論議に再び戻ると、本発明の現在知られている最良の実施形態において、プログラム言語アクセラレータコア10はそのハードウェアインテリジェントスタック12において64ワードを含むことが思い出される。

このアドレススペースは、その中のアドレスに対して読み出しちゃは書き込む事によって異なる動作が実行されることを可能にする4つの主要領域52、54、56、および58のそれぞれに分割される。メモリマップ50の第1の領域52に関して、この領域は、この領域がメモリマップの唯一の領域であると仮定した場合、すなわち、メモリアマップ50のアドレスとキャッシュ38との間に1対1の相互関係が存在すると仮定した場合に、当業者がメモリマップ50が振る舞うように期待する機能を果たす。メモリマップ50の第1の領域52は、それらがランダムアクセスメモリであるかのように、ハードウェアスタックレジスタ(64-32ビットレジスタ)のいずれにも読み出しおよび書き込みアクセスを可能するために提供される。

メモリマップ50の第2の領域54に関して、この領域におけるレジスタは、プログラム言語アクセラレータコア10の動作を制御する。これらのレジスタは読み出しおよび書き込みアクセスを有する。また、この領域は4つの特別な書き込み専用eロケーションを含む。書き込み専用ロケーションの2つは、変数動作に用いられ、後の2つはコンテキスト切換に用いられる。これらのレジスタのアドレス指定は、固有CPU16の低いアドレスビットを介して行われる。以下の

- ① 表2はメモリマップ50の第2の領域54内の適用レジスタのリストである。

(表2)

| アドレス | レジスタ | レジスタまたは機能 |
|------|------|-----------|
|------|------|-----------|

| | | |
|---|------------|--|
| 0 | SP | スタックポインタ |
| 1 | BOSP | スタックポインタの底部 |
| 2 | WLIMIT | スタックが書き込まれ得る主要メモリの上限 |
| 3 | RLIMIT | スタックが読み出され得るメモリにおける下限。 |
| 4 | VREG | 変数アドレスレジスタ。 このロケーションは、試験目的のために書き込みまたは読み出しされ得る。最後にアクセスされた変数のアドレスに自動的に書き込まれる。 |
| 5 | SWAPINSIZE | スワップインサイズ。このレジスタは、スワップインDMAサイクルが起動された時にいくつのワードが読み出されるのかを制御する。 |
| 8 | VLOAD | 変数ロード。このレジスタは、書き込む専用アクセスを有する。この特別なロケーションが書き込まれた時、データバスはスタック上部にプッシュされるべきローカル変数の絶対アドレスを有する。変数がキャッシュに |

| | | |
|----|--------|---|
| | | ない場合、DMAサイクルが起動される。変数がキャッシュにある場合、スタック上部のコンテンツを転送するために、1つの追加サイクルが取得される。 |
| 9 | VSTOTE | 変数格納。このレジスタ書き込み専用アクセスを有する。この特別なロケーションが書き込まれた時、データバスはスタック上部からの値を得るべきローカル変数の絶対アドレスを有する。DMAサイクルは、変数がキャッシュにない場合に起動される。変数がキャッシュにある場合、スタック上部のコンテンツを転送するために、1つの追加サイクルが取得される。 |
| 14 | SWAPIN | スワップイン。このレジスタは書き込み専用アクセスを有する。この特別なロケーションが書き込まれた時、データバス上の値は無視され、ブロックモードDMAサイクル |

| | | |
|----|---------|--|
| | | が主要メモリからキャッシュを満たすために起動される。読み出されるワードの数は、SWAPINSIZEレジスタの値に依存し、スレッドの特異的な状態に調整され得る。 |
| 15 | SWAPOUT | スワップアウト。このレジスタは書き込み専用アクセスを有する。この特別なロケーションが書き込まれた場合、データバス上の値は無視され、プロックモードDMAサイクルが主要メモリにキャッシュを流すために起動される。読み出されるワードの数は、SPおよびBSPの値に依存する。 |

メモリマップの第3の領域56に関して、この領域は、値または定数をスタックにプッシュするために用いられ、またスタックから値をポップするために用いられる。実行される動作は、プロセッサの低いアドレスピット（選択バイト62）によって決定される。すなわち、アドレスが実行される動作を決定する。これらの機能は、下記の表3に例挙されている。当業者は、いくつかの場合において、固有CPU16によってプログラム言語アクセラレータコア10に提供されるデータの値は、動作が一定値で実行されているため不適切であることを認識するであろう。

表3

| アドレス | 動作 | 動作の説明 |
|------|----------|---|
| 0 | PUSHPOP | データバス上の値をスタックにプッシュする（書き込み動作）、またはTOSからの値をデータバスにポップする（読み出し動作） |
| 2 | ICONSTn1 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数（-1）をプッシュする。 |
| 3 | ICONST0 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数0をプッシュする。 |
| 4 | ICONST1 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数1をプッシュする。 |
| 5 | ICONST2 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数2をプッシュする。 |
| 6 | ICONST3 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数3をプッシュする。 |
| 7 | ICONST4 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数4をプッシュする。 |
| 8 | ICONST5 | 書き込み専用ロケーション。一定の整数5をプッシュする。 |

| | | |
|----|---------|--|
| | | シユする。 |
| 11 | FCONST0 | 書き込み専用ロケーション。一定のフロート(float)0.0をプッシュする。 |
| 12 | FCONST1 | 書き込み専用ロケーション。一定のフロート1.0をプッシュする。 |
| 13 | FCONST2 | 書き込み専用ロケーション。一定のフロート2.0をプッシュする。 |

メモリマップ50の第4の領域58に関して、この領域は、Top-Of-Stackの値で算術演算を開始するために用いられる。スタック上部の値はデータバス上の値とTop-Of-Stackの現在の値との間の算術演算の結果によって置換される。実行される算術演算は、プロセッサのロードアドレスピック(選択バイト62)によって決定される。これらの動作の全ては、整数値(32ビット整数)上で実行される。これらの機能は、以下の表4に列挙される。

(表4)

| アドレス | 動作 | 算術動作の説明 |
|------|------|--|
| 16 | IADD | 書き込み専用ロケーション。スタック上部の値をデータバス上の値に加え、スタック上部の値を置換する。 |
| 17 | ISUB | 書き込み専用ロケーション。スタック上部の値からデータバス上の値を減 |

| | | |
|----|-------|--|
| | | 算し、スタック上部の値を置換する。 |
| 18 | INEG | 書き込み専用ロケーション。0からスタック上部の値を減算し、スタック上部の値を置換する。データバス上の値を無視する。 |
| 19 | IOR | 書き込み専用ロケーション。データバス上の値を有するスタック上部の値上でピットに関するORを実行し、スタック上部の値を置換する。 |
| 20 | IAND | 書き込み専用ロケーション。データバス上の値を有するスタック上部の値上でピットに関するANDを実行し、スタック上部の値を置換する。 |
| 21 | IEXOR | 書き込み専用ロケーション。データバス上の値に對しスタック上部の値にピットに関する排他的ORを実行し、スタック上部の値を置換する。 |
| 22 | IINCR | 書き込み専用ロケーション。スタック上部の値に |

| | | |
|--|--|--|
| | | 対して 1 を加え、スタック上部の値を置換する。 データバス上の値を無視する。 |
|--|--|--|

○ 図 6 に示す値プッシュ動作 8 0 を参照に、プログラム言語アクセラレータソフトウェア 3 4 が値プッシュ動作に関して Java™ コードを翻訳し、最適化した時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作 8 0 aにおいて値がロケーション「プッシュポップ」（表 3 を参照）に書き込まれる。動作 8 0 bにおいて、アドレスは（図 3 のデコーダ 4 6 によって）複号化され、値がそのように指示される。次いで、動作 8 0 cにおいて、データバス（図 2）から書き込まれた値は、その TOS レジスタによって指定されたロケーションでハードウェアスタック（図 3 のキャッシュ 3 8）に書き込まれ、TOS が増加される。ハードウェアスタック（キャッシュ 3 8）が決定動作 8 0 d で決定されたようにオーバーフローに近づいたとき、動作 8 0 eにおいて、スマート DMA コントローラ 1 4 が開始され、キャッシュ 3 8 のコンテンツの一部をメモリ 3 0（図 2）に保存する。

○ 図 7 に示す値ポップ動作 8 2 を参照に、プログラム言語アクセラレータソフトウェア 3 4 が値ポップ動作に関して Java™ コードを翻訳し、最適化した時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作 8 2 aにおいて読み出し命令が適切なロケーションに向けられる。動作 8 2 bにおいて、アドレスが（図 3 のデコーダ 4 6 において）複号化される。次いで、動作 8 2 cにおいて、キャッシュ 3 8（図 3）および TOS ポインタから読み出された（ポップされた）値は減少される。動作 8 2 d において、値がデータバス（図 2）に送信される。これにより、決定動作 8 2 e によって決定されるようにハードウェアスタック（キャッシュ 3 8）がアンダーフロー状態になる場合（すなわち、キャッシュ 3 8 が未使用的所定レベルに達成した場合）、動作 8 2 f において、スマート DMA コントローラ 1 4 が開始され、メモリ 3 0（図 2）からキャッシュ 3 8 のコンテンツの一部を復元する。

- ② 図8の一定のプッシュ動作84を参照に、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34が一定のプッシュ動作に関してJava™コードを翻訳し、最適化し

た時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作84aにおいて書き込み命令が適切なロケーションに向けられる。動作84bにおいて、アドレスが（図3のデコーダ46によって）複号化される。次いで、動作84cにおいて、選択された特定のアドレスによって検出された一定値は、そのTOSレジスタによって示されたロケーションにおいてハードウェアスタック（図3のキャッシュ38）に書き込まれ（プッシュされ）、TOSが増加される。ハードウェアスタック（キャッシュ38）が決定動作84dで決定されたようにオーバーフローに近づいたとき、動作84eにおいて、スマートDMAコントローラ14が開始され、キャッシュ38のコンテンツの一部をメモリ30（図2）に保存する。

- ④ 図9の算術演算86を参照に、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34が特定の算術動作に関してJava™コードを翻訳し、最適化した時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作86aにおいて書き込み命令が適切なロケーションによって向けられる。その適切なロケーションが一体なんであるのかは、本明細書において表4で前に列挙したように、実行される特定の算術演算によって検出される。動作86bにおいて、アドレスが（図3のデコーダ46によって）複号化され、対応するデータがデータバス22（図2）からフェッチされる。次いで、動作86cにおいて、選択されたアドレスに対応する算術演算は、データバス（図2）から書き込まれた値を用いてスタック上部における値上で実行され、そのTOSレジスタによって示されたロケーションにおいてハードウェアスタック（図3のキャッシュ38）に結果が書き込まれる。

- ⑥ 変数格納動作90（図11）において、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34が変数格納動作に関してJava™コードを翻訳し、最適化した時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作90aにおいて、インテリジェントスタック12の格納動作に対応する専用メモリロケーションに書き込みが向けられる。データバス22に書き込まれる値は、格納されるべき必要なローカル変数の絶対メモリアドレスであるべきである。動作90bにおいて、アドレス

は（図3のデコーダ46によって）複号化される。次いで、（決定動作90cによって決定されるように）必要な変数がスタックにある場合、変数値がTOSから読み出され、必要なアドレスに格納され、スタック上部が減少される。動作

88cで決定されるように必要な変数がスタックにない場合、動作90eにおいてスマートDMAコントローラ14が開始され、スタック上部からの変数値を格納し、TOSを減少する。決定動作90fによって決定されるようにハードウェアスタック（キャッシュ38）がアンダーフローに近づいた場合、スマートDMAコントローラ14が開始され、主要メモリ30からスタックコンテンツを復元する。

- 変数ロード動作88において（図10）、プログラム言語アクセラレータソフトウェア34が変数ロード動作に関してJavaTMコードを翻訳し、最適化した時、およびそのような動作が実行される時期である時、動作88aにおいて、変数格納動作専用のインテリジェントスタック12の専用メモリロケーションに書き込みが向けられる。データバス22に書き込まれた値は、格納するために必要なローカル変数の絶対メモリアドレスであるべきである。動作88bにおいて、アドレスは（図3のデコーダ46によって）複号化される。次いで、（決定動作88cによって決定されるように）必要な変数がスタックにある場合、動作88dにおいて変数値はキャッシュ38から読み出され、スタック上部に置かれ、TOSが増加される。決定動作88cで決定されるように必要な変数がスタックにない場合、動作88eにおいて、スマートDMAコントローラ14が開始され、変数値がスタック上部にロードされ、TOSを増加する。ハードウェアスタック（キャッシュ38）が決定動作88fに決定されるようにオーバーフローに近づいた場合、スマートDMAコントローラ14が開始され、ハードウェアスタック（キャッシュ38）から主要メモリ30にスタックコンテンツを転送する。

本発明の価値または範囲を変更することなく本発明に多様な改変が成され得る。例えば、本発明のプログラム言語アクセラレータコア10および関連のプログラム言語アクセラレータソフトウェア34は、本明細書中にJavaTMプログラム言語と使用するために最適化されるように説明されたが、関連する原理は、特に、

このような言語が主にスタックベースのシステムと使用されるために開発され得る場合は、他のプログラム言語と使用することも等しく適用可能である。

上述したように、他のありそうな改変は、それが現存システムまたは現存システム設計により容易に加えられるように C P U チップ 1 8 から (form) 物理的に

異なる装置としてプログラム言語アクセラレータを実現することである。

① 産業的応用性

本発明のプログラム言語アクセラレータコア 1 0 および関連するプログラム言語アクセラレータソフトウェア 3 4 は、さもなければ Java™ 以外の言語で書き込まれるプログラムを実行するために最適化されるプロセッサとの組み合わせで、Java™ コードのリアルタイム実行のために広く使用されるように意図される。上述を考慮して理解されるように、プログラム言語アクセラレータコア 1 0 は、実行のために Java™ コードを固有 C P U 1 6 の固有コードに解釈する時、プログラム原語アクセラレータソフトウェアが、動作がインテリジェントスタック 1 2 によって自動的に達成されるように特定の仮想メモリアドレスに向けられる特定の動作を引き起こす、全く新しい概念を用いる。すなわち、インテリジェントスタック 1 2 は、実行されるべき動作がどれであるかを知り、データがメモリマップに書き込まれるアドレスのみに基づいてそれを実行する。これは、この特徴が呼び出された場合に、動作当たり 1 からいくつかのクロックサイクルを節約する。よって、Java™ コードの実行の速度は、コンピュータ 2 0 が仮想機械などをバッケグラウンドで実行する負担無しに、大いに向上される。

本発明のプログラム言語アクセラレータコア 1 0 が容易に製造され、システムおよび装置の現存する設計に統合され得、本明細書に記載の利点が提供されるので、本発明がこの産業に容易に受け入れられることが期待される。これらおよび他の理由から、本発明の利用性および産業的応用性は、範囲が重要であり期間が永続的である。

上記の全ては、本発明の利用可能な実施形態の例のほんの一部である。当業者は、本発明の精神および範囲を逸脱する事なく多くの他の改変および変更が成され得ることが容易に認めるであろう。従って、上述の開示は、制限することを意

図せず、添付の請求の範囲は本発明の範囲の全体を包含するように解釈されるべきである。

【図1】

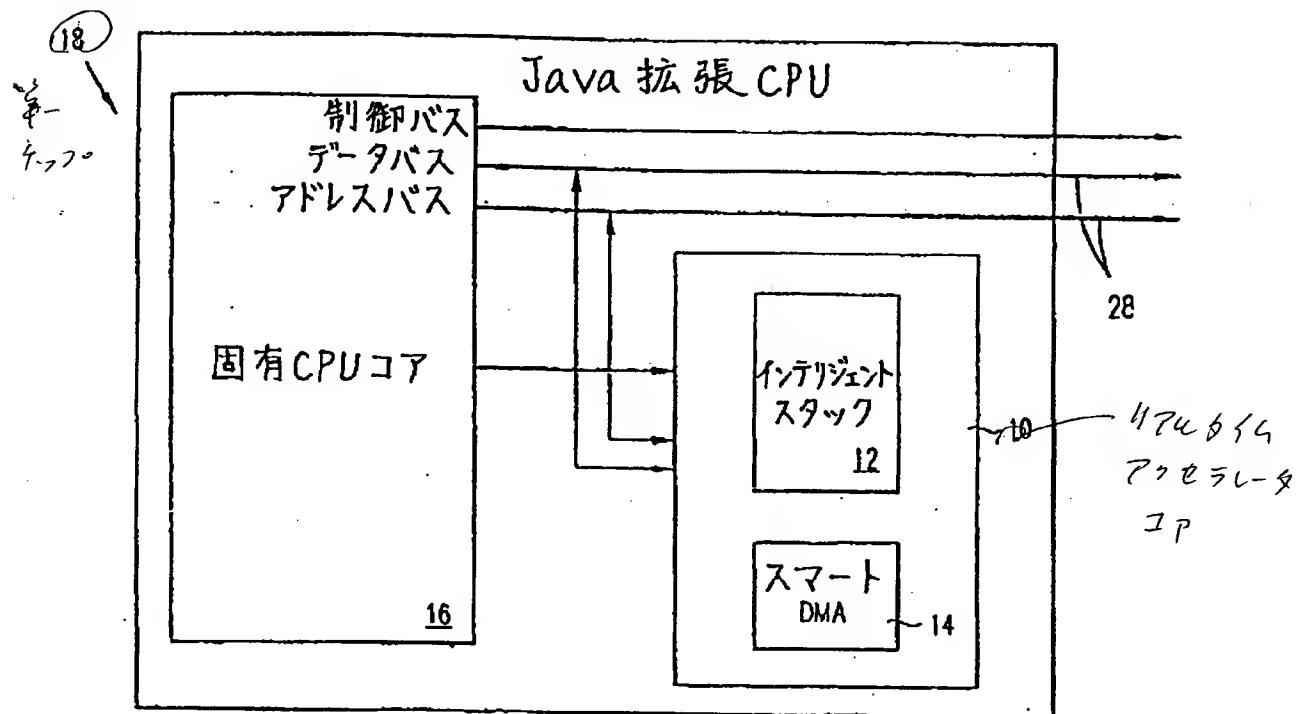


FIG. 1

【図2】

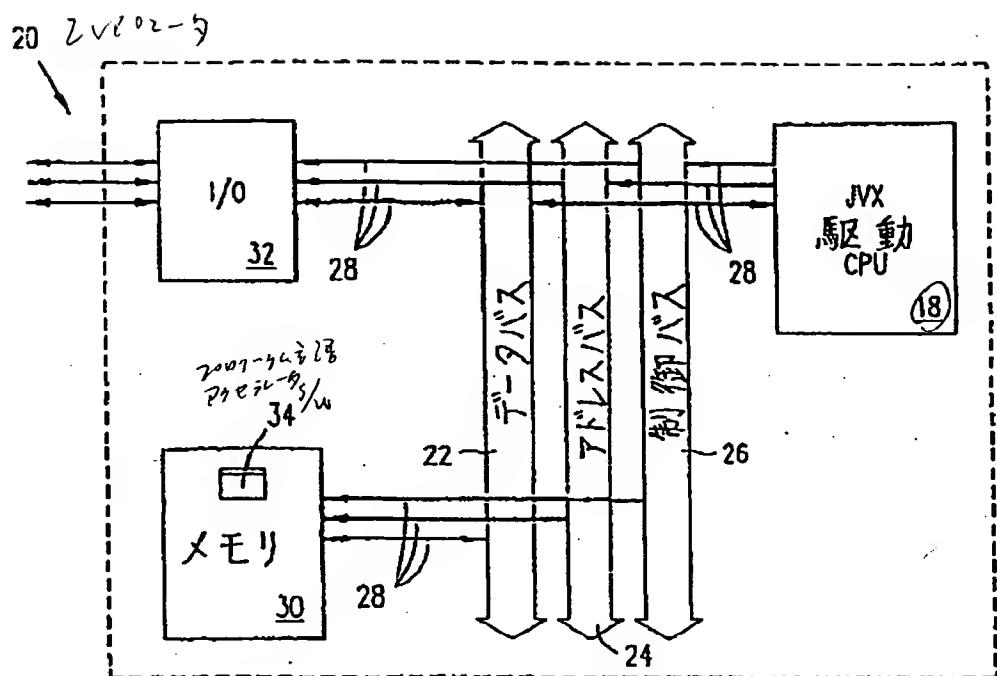


FIG. 2

【図3】

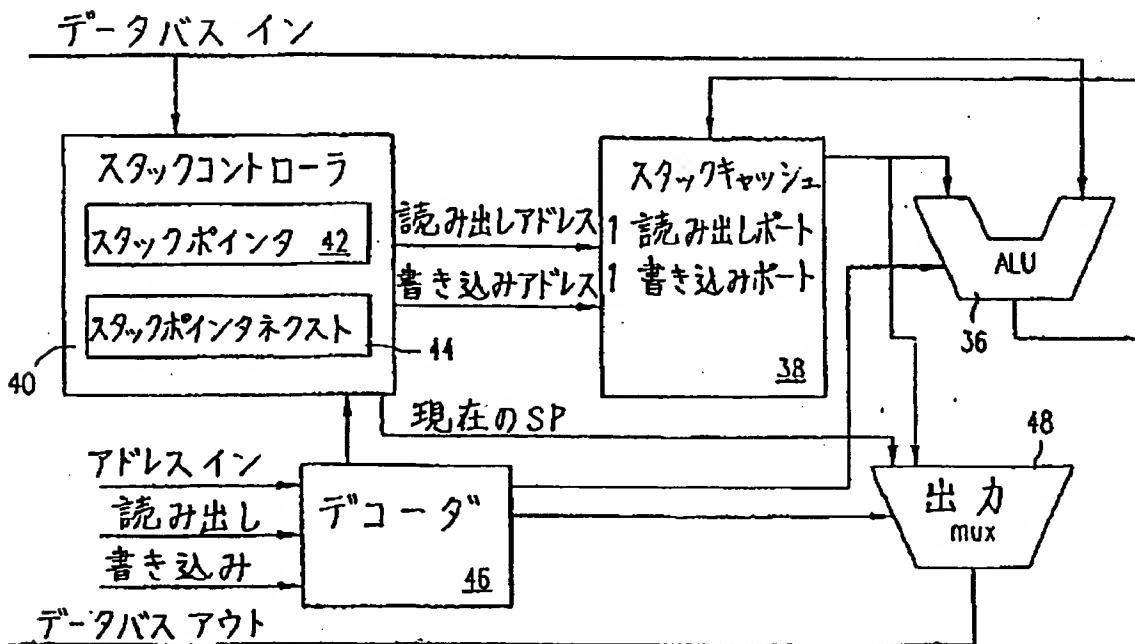
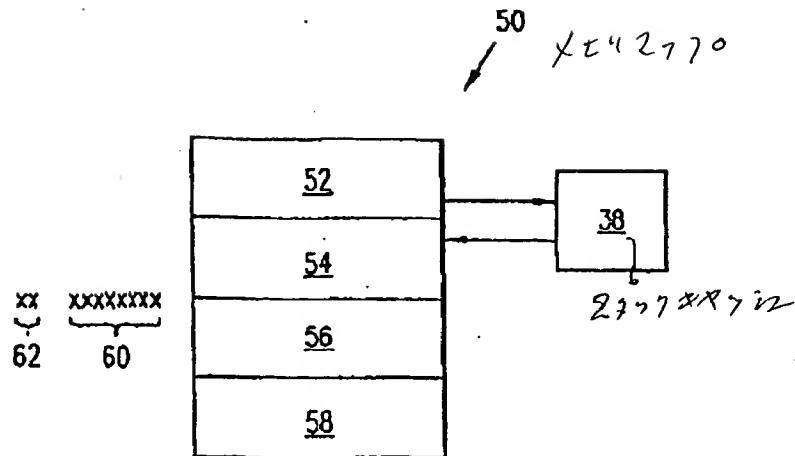


FIG. 3 イレギュレーションスケッチ

【図4】



✓ FIG. 4

【図5】

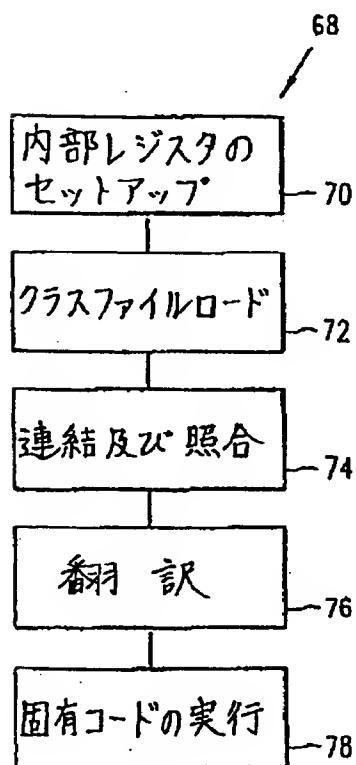


FIG. 5 レ

【図6】

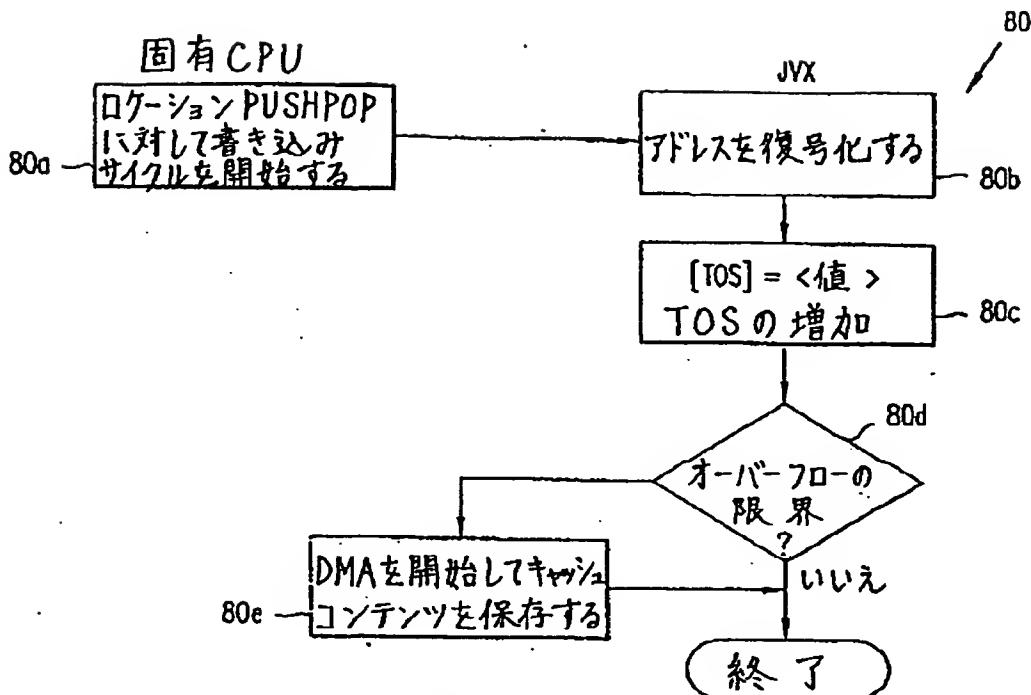


FIG. 6

【図7】

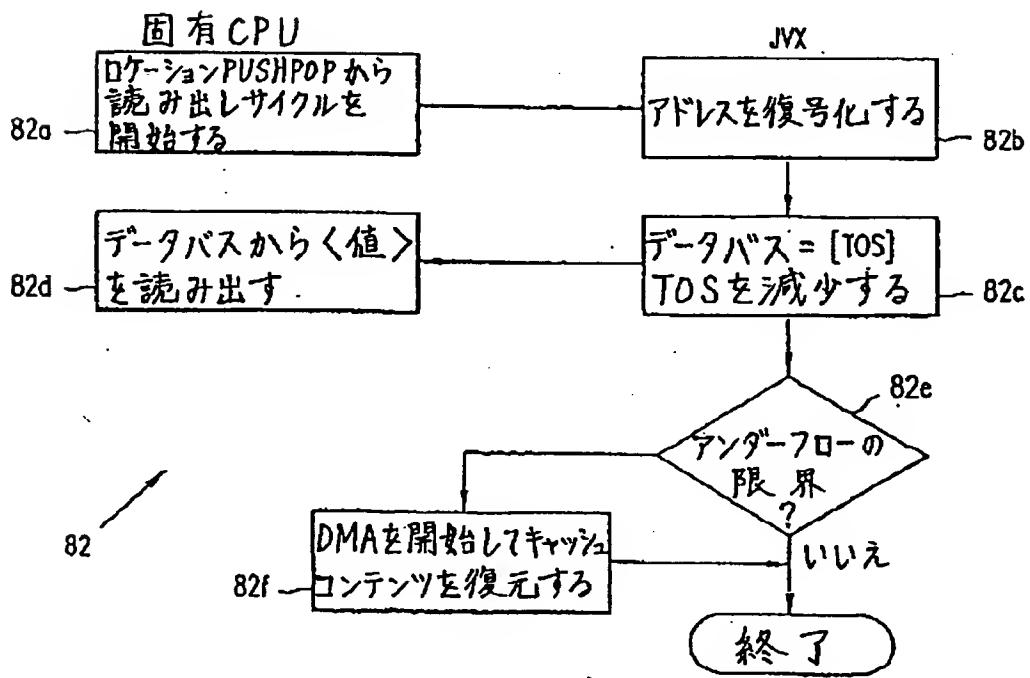


FIG. 7

【図8】

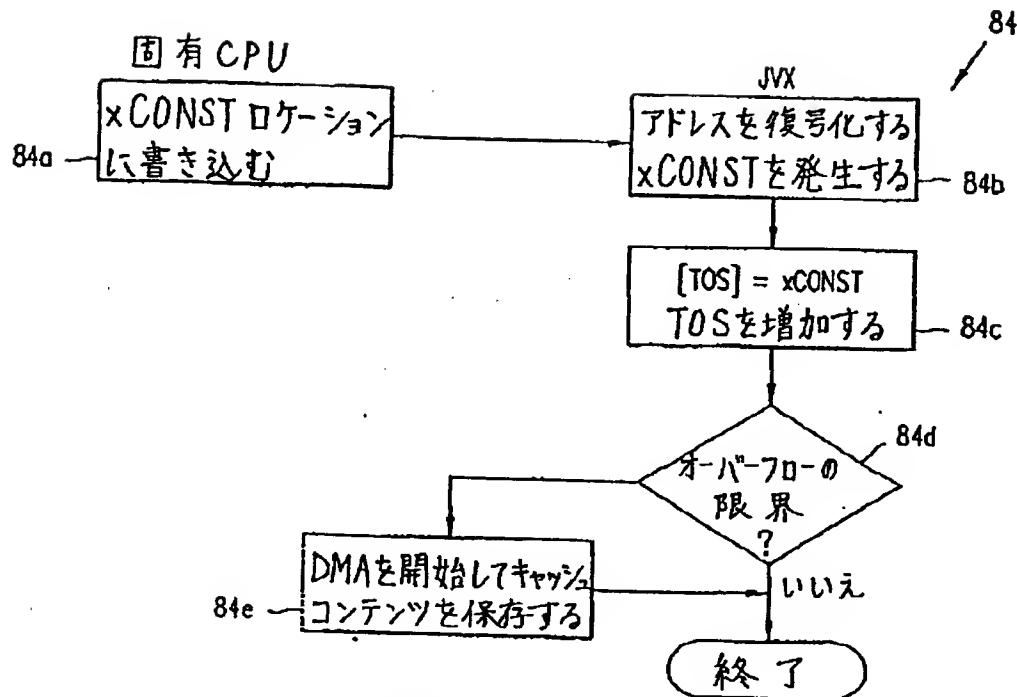


FIG. 8

【図9】

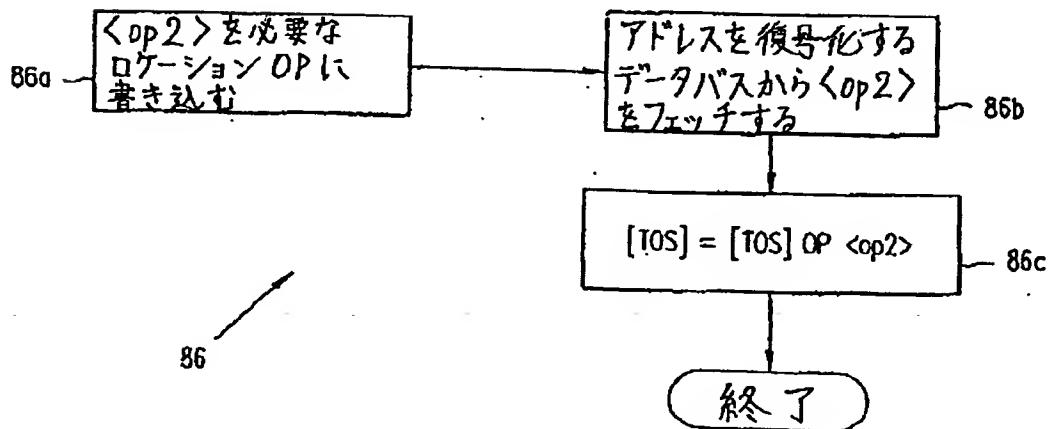


FIG. 9

【図10】

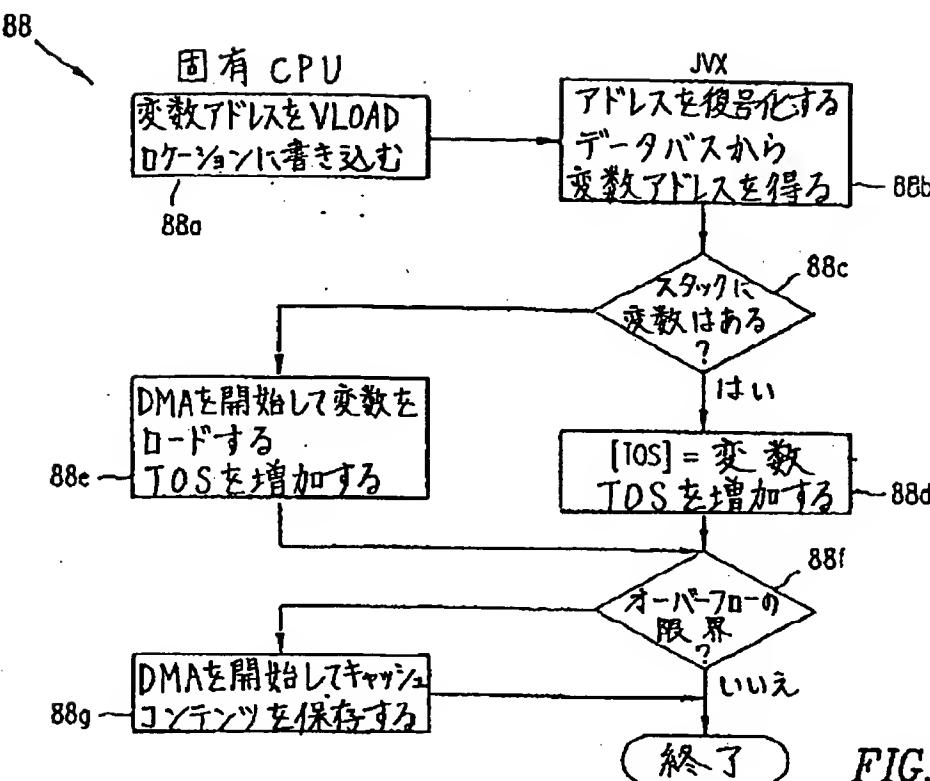
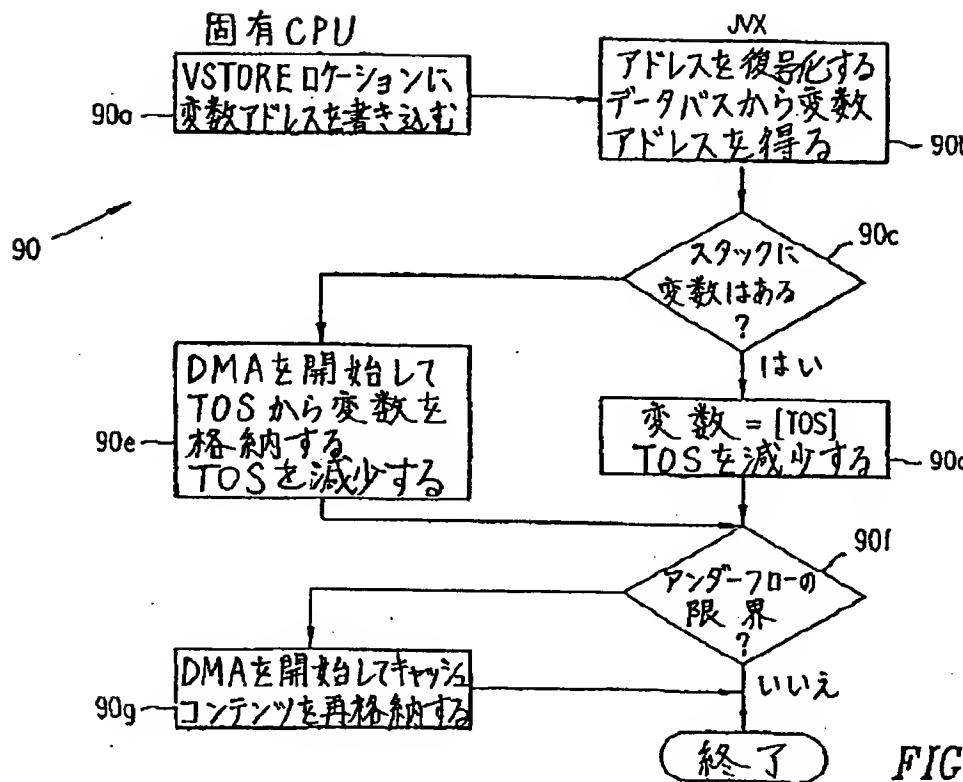


FIG. 10

【四】



〔国際調査報告〕

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/20980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) :G06F 11/00
 US CL :395/705, 706, 709, 406, 381, 800.01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 395/705, 706, 709, 406, 381, 800.01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

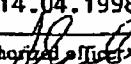
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

APS, COMPUTER SELECT, IEEE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | CASE. B. Implementing the Java Virtual Machine; Java's Complex Instruction Set Can Be Built in Software or Hardware Microprocessor Report March 1996. Vol 10, No. 4. pages 12-18, especially pages 12 and 13. | 1-14 |
| Y | WAYNER, P. Sun Gambles on Java Chips Byte November 1996. Vol 21. No. 11. pages 79-85, especially page 82. | 1-14 |
| Y | US 4,205,370 A (HIRTLE) 27 May 1980, see entire document. | 1-14 |
| Y | US 4,674,089 A (PORET et al) 16 June 1987, see entire document. | 1-14 |
| Y | US 5,442,777 A (NAKAJIMA et al) 15 August 1995, see entire document. | 1-14 |

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | | |
|--|---|---|
| Special categories of cited documents: | *T* | later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" | | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance |
| "B" | | earlier document published on or after the international filing date |
| "L" | | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) |
| "O" | | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means |
| "P" | | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed |
| Date of the actual completion of the international search | | Date of mailing of the international search report |
| 11 FEBRUARY 1998 | | 14.04.1998 |
| Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230 | Authorized officer  MICHAEL RICHEY Telephone No. (703) 305-9669 | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/20980

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|---|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | US 5,126,541 A (SHINAGAWA) 30 June 1992, see entire document. | 1-14 |

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L
U, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF
, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE,
SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, S
D, SZ, UG, ZW), UA(AM, AZ, BY, KG
, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT
, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA,
CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, F
I, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG
, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, N
O, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG
, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG,
US, UZ, VN

THIS PAGE BLANK (USPTO)